

Aus der Medizinischen Universitätsklinik Freiburg i.Br.

Direktor: Professor Dr.Dr.h.c. Ludwig Heilmeyer

Zur Frage der methodischen Vereinfachung der auf der korrelativen Betrachtung von Herzvolumen und Sauerstoffpuls beruhenden Funktionsdiagnostik des Herz-Kreislaufsystems.

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

zur

Erlangung der Medizinischen Doktorwürde

einer

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Albert - Ludwigs - Universität zu Freiburg i. Br.

vorgelegt

von

Eberhard Kinkelin

aus

Gönningen

1 9 6 6

Aus der Medizinischen Universitätsklinik Freiburg i.Br.

Direktor: Professor Dr.Dr.h.c. Ludwig Heilmeyer

Zur Frage der methodischen Vereinfachung der auf der korrelativen Betrachtung von Herzvolumen und Sauerstoffpuls beruhenden Funktionsdiagnostik des Herz-Kreislaufsystems.

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

zur

Erlangung der Medizinischen Doktorwürde

einer

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Albert - Ludwigs - Universität zu Freiburg i. Br.

vorgelegt

von

Eberhard Kinkel

aus

Gönningen

1 9 6 6

Dekan: Prof. Dr. med. H. W. Zollinger

Referent: Priv. Doz. Dr. med. K. König



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. UNTERSUCHUNGSGUT	4
III. METHODIK	5
IV. ERGEBNISSE	13
A. Gesunde Personen	13
B. Patienten	20
C. Herzinfarktpatienten, Mitralstenosen	25
V. DISKUSSION	33
VI. LITERATURVERZEICHNIS	48



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. EINLEITUNG

Von der REINDELLschen Schule wurde ein Verfahren zur Prüfung der cardio-cirkulatorischen Leistungsreserven ausgearbeitet, das auf der Beziehung zwischen dem röntgenologisch bestimmten Herzvolumen einerseits und der spiroergometrisch erfaßten Leistung andererseits beruht. Dabei gilt als Maß der cardio-cirkulatorischen Leistungsreserven der Sauerstoffpuls (KÖNIG u. Mitarb. (9, 10, 11, 12); MUSSHOF u. Mitarb. (15, 16, 17); REINDELL u. Mitarb. (19); ROSKAMM (22)). Dieser Test setzt, da die Messung des O_2 -Aufnahmevermögens erforderlich ist, eine komplizierte Apparatur voraus, deren Aufwand nur von großen Kliniken geleistet werden kann. Es muß somit unter grundsätzlicher Beibehaltung dieses Prinzips eine Vereinfachung des genannten Verfahrens angestrebt werden, damit die Möglichkeit einer exakten Leistungsanalyse auch für kleinere Kliniken gegeben ist.

Die Bestimmung des röntgenologischen Herzvolumens ist leicht und ohne größere vorherige Umbauten durchführbar. Die Anschaffung eines Fahrradergometers wird bei einem Aufwand von ca. 3000 - 4000 DM selbst kleineren Kliniken möglich sein.

Theoretisch könnte auf die Messung der O_2 -Aufnahme auf Grund folgender Tatsachen verzichtet werden: Verschiedene Autoren haben nachgewiesen (SCHMUTZLER u. Mitarb. (23); ROSKAMM u. Mitarb. (22); HOLLMANN u. Mitarb. (2); MELLEROWICZ u. Mitarb. (14)), daß die O_2 -Aufnahme auf jeweils gleichen Belastungsstufen bei Trainierten und Untrainierten, sowie bei Kranken und Gesunden annähernd gleich ist. Unter diesen Voraussetzungen wäre die Möglichkeit zu folgender Vereinfachung der von uns verwandten Methode denkbar: Der O_2 -Puls wird nicht mit Hilfe aktuell gemessener O_2 -Werte, sondern mit Hilfe von

eingesetzten O_2 -Mittelwerten errechnet. Der Proband wird dazu wie bisher bis zur maximal erreichbaren Stufe belastet, wobei lediglich noch die Pulsfrequenz gemessen werden muß. Durch Division der maximal erreichten Pulsfrequenz durch den eingesetzten O_2 -Mittelwert der entsprechenden Wattstufe könnte der O_2 -Puls errechnet und mit dem Herzvolumen in Beziehung gesetzt werden.

Im Hinblick darauf, ob eine derartige Vereinfachung der Methode zulässig ist, mußten folgende Faktoren überprüft werden:

1. Wie groß sind die Mittelwertsdifferenzen für die O_2 -Aufnahme auf identischen Belastungsstufen bei gesunden Personen beiderlei Geschlechts und unterschiedlichen Alters, und welchen Ausmaßes sind die Mittelwertsdifferenzen bei gesunden und kranken Personen.
2. Wie groß ist die individuelle Streuung des O_2 -Pulswertes, wenn dieser bei der gleichen Person in einer ersten Untersuchung mit Maskenatmung gemessen und in einer zweiten Untersuchung ohne Maskenatmung durch Einsetzen von O_2 -Mittelwerten errechnet wird.
3. Ist die maximal erreichte Wattstufe sowie die Pulsfrequenz je Wattstufe bei ein und derselben Person gleich.

Die Klärung der Frage nach eventuellen Unterschieden des Pulsverhaltens mit und ohne Maskenatmung ist im Hinblick auf die von KÖNIG u. Mitarb. früher ermittelten Normwerte über die Beziehungen zwischen Herzvolumen und maximalem Sauerstoffpuls von entscheidender Bedeutung. Die während Maskenatmung an gesunden Personen durch Messung der Sauerstoffaufnahme gewonnenen Sauerstoffpulsnormen könnten nur dann auch als Grundlage für das ver-

einfachte Verfahren beibehalten werden, wenn die Pulsregulation während Belastung im wesentlichen von der Maskenatmung unbeeinflusst bleibt. Nur unter diesen Bedingungen werden die durch Einsetzen entsprechender Sauerstoffmittelwerte errechneten Sauerstoffpulse mit den gemessenen Sauerstoffpulsen vergleichbar sein.

II. UNTERSUCHUNGSGUT

Zur Überprüfung der Frage nach dem Ausmaß der Mittelwertsdifferenzen für die Sauerstoffaufnahme auf jeweils gleichen Wattstufen bei Gesunden in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht dienten bei 10- bis 75-jährigen männlichen und bei 10- bis 40-jährigen weiblichen Personen in früheren Untersuchungen ermittelte Normwerte (9, 10, 16, 2). Die Untersuchungen bezüglich der Sauerstoffmittelwertsdifferenzen bei gesunden und herzkranken Personen für jeweils gleiche Wattstufen erfolgten an Hand eines Untersuchungsgutes von 18 männlichen und 36 weiblichen Patienten mit Mitralstenosen sowie 96 männlichen Patienten mit Zustand nach Herzinfarkt.

Ob zur sicheren Beurteilung therapeutischer Maßnahmen Herzvolumenleistungsquotienten, die auf der Berechnung von O_2 -Normwerten beruhen, angewendet werden können, wurde an einem Kollektiv ambulant mit Digoxin behandelter Infarktpatienten überprüft.

Die Frage, ob das Verhalten der Belastungspulsfrequenz durch die Maskenatmung eine Beeinflussung erfährt, wurde bei 41 gesunden Personen beiderlei Geschlechts sowie bei 31 herzkranken Personen mit unterschiedlichen Krankheitsbildern untersucht. Hierbei wurde jeder Proband an zwei aufeinanderfolgenden Tagen einmal mit Maske und einmal ohne Maske belastet.

III. METHODIK

Das Herzvolumen wird mittels einer Sagittal- und Transversalaufnahme nach einer für die Bedingungen der Fernaufnahme nach MUSSHOF und REINDELL (18) modifizierten Formel von ROHRER (20) und KAHISTORF (5) bestimmt. Genaue Angaben zur Methode und ihre Fehlerbreite finden sich bei MUSSHOF und REINDELL (18), sowie GEBHARD u. Mitarb. (3, 4). Zur Vermeidung von orthostatischen Füllungsschwankungen werden die Aufnahmen im Liegen durchgeführt (MUSSHOF und REINDELL (18)).

Die Belastung erfolgte im Liegen am Fahrradergometer. Beginnend mit 25 Watt (bei Patienten) bzw. 50 Watt (bei Gesunden) wird kontinuierlich über jeweils um 25 Watt oder 50 Watt differierende und je 6 Minuten dauernde Zwischenstufen so lange belastet, bis schließlich Ergostasebedingungen nicht mehr erreicht werden, bzw. der Versuch infolge Erschöpfung abgebrochen werden muß.

Der Begriff der Ergostase ist nach Mellerowicz und Mitarb. (14) als ein Zustand definiert, in dem

1. die Pulsfrequenz innerhalb einer Belastungsstufe zwischen der 4. und 6. Minute nicht mehr als um 8 Schläge pro Minute ansteigt, und
2. in diesen letzten 3 Minuten keine wesentliche Änderung der Sauerstoffaufnahme festzustellen ist.

Ob im Einzelfall eine Ausbelastung vorgelegen hatte, wurde anhand der auf der maximalen Belastungsstufe erreichten Werte für Pulsfrequenz und Atemäquivalent bzw. auf Grund des Belastungsanstieges des Sauerstoffpulses entschieden. Kriterien zur Frage der Ausbelastung wurden von KÖNIG und Mitarb. (12) angegeben. Nach diesen Kriterien waren alle Versuchspersonen bei der ersten und zwei-

ten Untersuchung ausbelastet, d.h. die jeweils unter Ergostasebedingungen erreichte höchste Belastungsstufe konnte als maximale Leistung gelten.

Bei unseren Untersuchungen wurde besonders darauf geachtet, daß die einzelnen Versuchspersonen unter möglichst identischen Bedingungen belastet wurden. So erfolgten die Belastungen mit oder ohne Maskenatmung am darauffolgenden Tage zur selben Stunde (jeweils in der Zeit von 16 - 18 Uhr) und unter möglichst gleichen Vorbedingungen (keine vorausgegangenen körperlichen Anstrengungen, keine größere diagnostische oder therapeutische Maßnahmen, keine größeren Mahlzeiten o.ä.).

Um denkbaren Trainings- oder Gewöhnungseffekte von der einen zur anderen Untersuchung auszuschalten, wurden die Untersuchungskollektive der gesunden Männer, der gesunden Frauen und der Patienten je zur Hälfte bei der ersten Untersuchung mit der Maskenatmung belastet, während die andere Hälfte der einzelnen Kollektive bei der ersten Belastung ohne Maske atmete.

In Ruhe und auf den einzelnen Belastungsstufen wurden die Pulsfrequenz auf photoelektrischem Wege über optische und akustische Zeichengeber mit dem Puls- und Blutdruckmeßgerät ELAG BPM registriert. Der Blutdruck wurde nach Recklinghausen ermittelt.

Sauerstoffaufnahme (STPD), Kohlensäureabgabe und Atemminutenvolumen (BTPS) wurden mit Hilfe des "Metabographen" nach Fleisch gemessen. Der Ausdruck STPD (standard, temperature and pressure, dry) ist besonders in der amerikanischen medizinischen Literatur gebräuchlich und ist gleich dem physikalischen Begriff NTP (normal temperature and pressure) = 0° C, 760 Torr, trocken. Gasvolumina, die der Lungensituation (37° C, Umgebungs-

durch, wasserdampfgesättigt) entsprechen, werden in der medizinischen Literatur nach amerikanischen Vorschlägen mit BTPS gekennzeichnet (body temperature and pressure, saturated).

Beim Metabographen handelt es sich um ein Gerät zur Direktschreibung des Spirogramms, des Atemminutenvolumens des Sauerstoffverbrauches, der Kohlensäureabgabe, des respiratorischen Quotienten, sowie des sogenannten Atemäquivalentes ($\frac{AMV \times 100 (lt)}{O_2 \text{ ml/min}}$). Der Metabograph stellt wie die Apparatur nach KNIPPING ein geschlossenes System dar (Fleisch A). Der grundsätzliche Vorteil geschlossener Systeme gegenüber den außerdem gebräuchlichen offenen Systemen liegt darin, daß der Luftumlauf durch eine Pumpe bewerkstelligt wird, so daß diese Arbeit nicht - wie beim offenen System - von der Versuchsperson selbst geleistet werden muß. Man benötigt beim geschlossenen System weder Gasuhr noch Ventile und kann mit einer Maske arbeiten. Der "tote Raum" wird ständig von frischer Luft durchspült und ist damit bedeutungslos.

Der Sauerstoffverbrauch, wie auch die Kohlensäureabgabe werden beim geschlossenen System summiert, so daß ein Fehler in einer Zeitspanne im nächsten Zeitabschnitt ausgeglichen wird. Das geschlossene System bietet außerdem die Möglichkeit, die Sauerstoffkonzentration der zirkulierenden Luft nach Belieben zu variieren. Mit Hilfe der Pumpe, die für den Luftumlauf sorgt, erlaubt das geschlossene System die kontinuierliche Aufzeichnung des Umsatzes auch bei extremer Arbeitsleistung.

Das nach dem geschlossenen Prinzip arbeitende Fleisch'sche Gerät wird folgenden Forderungen gerecht:

1. Direktschreibung im Bereich vom niedrigsten Grundum-

satz bis zum höchsten Arbeitsumsatz.

2. Gleichzeitige Schreibung der Atemtiefe, des Atemminutenvolumens, des Sauerstoffverbrauchs, der Kohlen-säureproduktion, des respiratorischen Quotienten und des ventilatorischen Äquivalentes.
3. Während der Untersuchung können die Kurven kontinuierlich abgelesen und damit der Versuch dauernd überwacht werden.
4. Der Sauerstoffpartialdruck, der vom Untersucher beliebig gewählt werden kann, wird konstant gehalten.
5. Kombinationsmöglichkeit des Verfahrens mit einem für die Zwecke der physiologischen und klinischen Forschung geeigneten Ergometers.

Bei allen geschlossenen Systemen muß die Förderleistung der Luftumwälzpumpe gleich dem maximalen Atemvolumenfluß sein, wenn ein "rebreathing", d.h. eine Rückatmung mit Sicherheit verhindert werden soll. Manche Autoren geben an, die Förderleistung müsse gleich dem Atemzeitvolumen sein. Diese Bedingung ist aber völlig unzureichend. Die Pumpe muß nämlich während der Ausatmung ein Volumen fördern, das zumindestens dem Expirationsvolumen entspricht, und während der Inspiration muß ihre Leistung der eingeatmeten Luftmenge entsprechen. Wenn Expiration und Inspiration gleich lange dauern, muß die Pumpe in der Zeiteinheit also mindestens ein Volumen fördern, das doppelt so groß wie das Atemzeitvolumen ist. Da dieses bei schwerer Arbeit 120, ja bis 150 l/min. beträgt, müßte die Pumpe also mindestens 300 l/min. fördern. In diesem Falle überschreitet jedoch während der schnellsten Phase des Atemzyklus der Atemvolumenfluß die Förderleistung der Pumpe, so daß ein rebreathing unter Umständen

in den Bereich der Möglichkeiten rückt. Man kann dies mit Sicherheit verhindern, wenn die Förderleistung der Pumpe gleich dem maximalen Atemvolumenfluß ist oder darüber liegt. Die Leistung des Apparates ist also der determinierende Faktor. Die Atemtiefe kann einen Wert von 3,5 l erreichen, das Atemminutenvolumen kann bis zu 120 l/min., die maximale Geschwindigkeit bis zu 6-8 l/sec. betragen. Derartig hohe Spitzenwerte fordern wiederum eine sehr hohe Förderleistung der Pumpe. Das Gerät nach Fleisch ist für eine Maximalgeschwindigkeit von 9 l/sec. ausgelegt; es kann daher nie zum rebreathing kommen. Dieser Geschwindigkeit von 9 l/sec. entspricht eine Förderleistung von 540 l/min. Eine so hohe Förderleistung bewirkt aber ihrerseits einen sehr unerwünschten Effekt, denn zu den 9 l/sec. aus der Luftpumpe werden bei extremer Arbeit beispielsweise weitere 9 l/sec. Expirationsluft aus der Lunge abgegeben, so daß eine Spitzengeschwindigkeit von 18 l/sec. auftritt. Der Widerstand wächst jedoch mit dem Quadrat der Geschwindigkeit; es entsteht in der Maske während der Expirationszeit ein Überdruck, der zum Abheben der Maske und damit zu einem Gasverlust führen kann. Jeder Gasverlust zieht im geschlossenen System sofort schwere Fehler nach sich. Ausserdem wird die Atmung durch den auftretenden Widerstand unzulässig erschwert, was einerseits zu verfälschten Resultaten führt.

Um diesem Übel abzuhelpen, benutzt Fleisch ein von ihm entwickeltes Doppelspirometer. Dieses Spirometer bringt gegenüber einem gewöhnlichen Spirometer erhebliche Vorteile:

1. Um eine Rückatmung zu verhindern, kommt man mit der Hälfte der sonst benötigten Förderleistung der Luftpumpe aus.

2. Infolge der damit bewirkten langsameren Luftströmung wird die Kontaktzeit der Kohlensäure verlängert. Dadurch werden die Bindungsbedingungen im Absorptionsraum des Apparates verbessert.
3. Diese auf die Hälfte verlangsamte Luftströmung bewirkt eine ganz beträchtliche Verminderung des Atemwiderstandes auf ungefähr ein Viertel der Werte beim gewöhnlichen Spirometer.

Mit dieser Verminderung des Atemwiderstandes werden gleichzeitig die Druckschwankungen in der Maske vermindert und damit die Gefahr, daß die Maske vom Gesicht des Probanden abgehoben wird, Atemluft entweicht und Ursache einer fehlerhaften Registrierung wird.

Die Registrierung der Kohlensäureproduktion erfolgt auf der Grundlage einer elektrischen Leitfähigkeitsmessung der kohlensäureabsorbierenden Kalilauge. Der Apparat ist so gebaut, daß bis zu 5 l Kohlensäure in der Minute absorbiert werden können, ohne daß die Konzentration der nichtabsorbierten Kohlensäure 0,03 % überschreiten würde.

Die bei Metabographen verwandte 2n Kalilauge kann maximal ein Grammolekül Kohlensäure unter Bildung von Kaliumkarbonat binden. Das sind 22,25 l CO_2 unter Normalbedingungen. Die von uns verwandte 2n Kalilauge erreicht einen CO_2 -Sättigungsgrad von 67 %. Dies entspricht 1 l KOH gleich 15 l CO_2 unter Normalbedingungen.

Die Dichtigkeit des Metabographen ist praktisch vollkommen, da er keinen einzigen Hahn besitzt und seine Schlauchverbindungen mit Schellen an den Metallrohren verschraubt sind.

Es wurden Gummimasken der Schweizer Armee verwandt,

die dem Gesicht gut anliegen. Ist die Maske nicht dicht, so läßt sich dieser Fehler aus dem Spirogrammverlauf leicht erkennen.

Zur Registriertechnik ist folgendes zu bemerken:
Die Kohlensäureproduktion wird als die Zahl der Kontaktschließungen durch die KOH-Pumpe gemessen. Jeder Stromstoß entspricht 20 ml CO_2 unter Normalbedingungen, 760 mm Hg 0°C und Trockenheit. Der Sauerstoffverbrauch wird durch die Zahl der Kontaktschließungen der Sauerstoffpumpe bestimmt. Jeder Stromstoß entspricht 20 ml O_2 unter Normalbedingungen. Auch das Atemzeitvolumen wird durch Kontaktschließungen ermittelt, hierbei entsprechen jedem Stromstoß 500 ml Luft, bei Körpertemperatur, Luftdruck der Umgebung und Wasserdampfsättigung.

Die zu untersuchenden Umsatzgrößen können bis auf das Zwanzigfache eines niedrigen Umsatzes anwachsen. Um die Amplitude der sehr unterschiedlichen Umsatzgrößen nicht übermäßig anwachsen zu lassen, werden die Schreibfedern in geeigneten Zeitabständen nach 1 min, 30 sec., oder nach 15 sec. in die Nullage zurückgeführt. Die Kurven werden mit Kugelschreibern auf weißes Papier geschrieben, das auf einem elektrischen Kymographion läuft.

Die Temperaturregelung wird durch einen Thermostaten gesichert. Es werden nämlich mit der Atemluft beträchtliche Wärmemengen mitgeführt, und auch bei der Neutralisation der Kohlensäure in der Kalilauge entstehen Wärmemengen, die je nach Belastung in weiten Grenzen schwanken. Eine Temperaturregelung ist aus zwei Gründen unerlässlich: Das System enthält 32 l Luft, so daß ein Temperaturanstieg von 1°C das Luftvolumen um etwa 100 ml ansteigen und den Sauerstoffnachschub um ebensoviel absinken läßt. Auch die Leitfähigkeit der Kalilauge ist für 20°C geeicht.

Kohlensäureproduktion und Sauerstoffverbrauch stehen in direktem Verhältnis, wenn man von den Schwankungen des respiratorischen Quotienten absieht. So wird etwa bei der fünffachen Kohlensäureproduktion die fünffache Menge Sauerstoff nachgeführt. Schwankungen des RQ werden im geschlossenen System an der Änderung der Eintauchtiefe der Spirometerglocke sichtbar, so daß bei zu tiefem Eintauchen mehr O_2 nachströmt, bzw. bei zu hochstehender Spirometerglocke der Sauerstoffzufluß verlangsamt wird. Der Sauerstoff wird aus einem Gummisack bei Zimmertemperatur entnommen. Der Kolbenhub der Sauerstoffpumpe führt 20 ml O_2 dem Atemsystem zu und liefert gleichzeitig einen Stromstoß. Diese Impulse werden über einen Totalisator addiert und registriert.

Registrierung der Atemtiefe und des Atemzeitvolumens: Die Schreibung des Spirogramms ist von großem Wert zur Feststellung der Atmungsamplitude, der Atemfrequenz und Regelmäßigkeit der Atmung sowie der Verschiebung der Atemmittellage. Alle Spirometerbewegungen werden direkt auf Registrierpapier geschrieben. Für je 500 ml Luft bei Körpertemperatur, umgebenden Luftdruck und Wasserdampfsättigung fließt dem Totalisator für das Atemzeitvolumen ein Stromstoß zu.

IV. ERGEBNISSE

A. Gesunde Personen

In den Abbildungen 1, 2 und 3 ist das Verhalten der Pulsfrequenz pro Minute von 41 gesunden, untrainierten Personen (20 weiblich, 21 männlich) bei Maskenatmung (Ordinate) und ohne Maskenatmung (Abszisse) für die einzelnen Belastungsstufen von 50 Watt (Abb. 1) und 100 Watt (Abb. 2), sowie für die Pulsfrequenzen in der maximalen Belastungsstufe unter Ergostasebedingungen (Abb. 3) dargestellt.

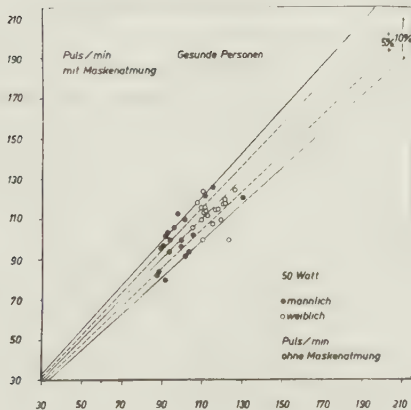


Abbildung 1

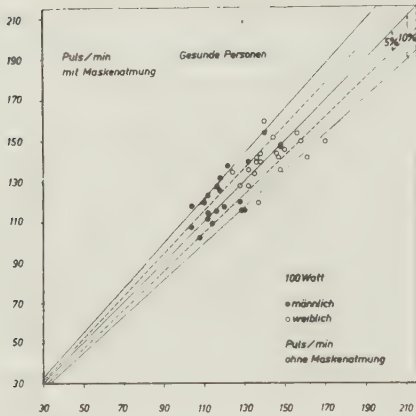


Abbildung 2

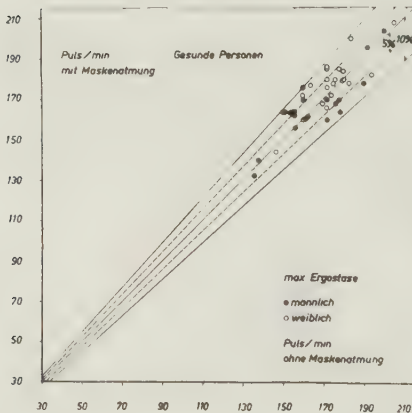


Abbildung 3:

Abb. 1-3: Vergleich der Pulsfrequenzen auf gleichen Belastungsstufen (50 Watt, 100 Watt und maximaler Ergostase) bei zweimaliger Untersuchung des gleichen Probanden mit und ohne Atemmaske.

Unter Idealbedingungen müßten alle Punkte auf dieser Geraden liegen; dies würde bedeuten, daß unabhängig davon, ob im Einzelfall mit oder ohne Maske gearbeitet wird, die gleichen Pulsfrequenzen gemessen worden wären.

Bei identischer Belastung bzw. in der unter Ergostasebedingungen maximalen Belastungsstufe sagt ein *über* der Indifferenten gelegener Meßpunkt aus, daß die Pulsfrequenz der gleichen Versuchsperson bei Maskenatmung höher liegt als ohne Maskenatmung. Umgekehrt entspricht ein *unter* der Indifferenten gelegener Meßpunkt einer bei Maskenatmung niedrigeren Pulsfrequenz, verglichen mit der Pulsfrequenz ohne Maskenatmung.

Auf allen Abbildungen erkennt man Abweichungen der Meßwerte von der Indifferenten nach beiden Seiten und zwar um etwa die gleichen Beträge. Auf beiden Seiten der Indifferenten liegt je eine gestrichelte und eine durchgezogene Gerade. Die gestrichelten Geraden umschließen alle Werte bis zu einer Abweichung von maximal 5 %, die durchgezogenen Geraden begrenzen den 10 %igen Abweichungsbereich, wiederum bezogen auf die Indifferente.

Während auf den unteren Belastungsstufen die Einzelwerte eine relativ größere Streuung zeigen (bis zu 19 % der Fälle liegen außerhalb der 10 %-Streuung), fällt in der ~~maximalen~~ Belastungsstufe keiner der 41 Meßwerte außerhalb des 10 %-Streubereiches. Mit zunehmender Belastung wird also die Streuung der Einzelwerte geringer. Betrachtet man den 5 %-Streubereich, so liegen innerhalb dieses Bereiches bei 50 Watt nur 39 % aller Meßpunkte, bei 100 Watt sind es bereits 52 %, in der ~~maximalen~~ Belastungsstufe sogar 66 %.

In allen Abbildungen weisen die weiblichen Versuchspersonen im Durchschnitt eine höhere Pulsfrequenz auf als die männlichen.

Von 21 weiblichen Versuchspersonen waren bei 20 die maximal erreichten Wattstufen identisch, 1 Versuchsperson erreichte ohne Maskenatmung eine höhere Wattstufe. Von den 20 männlichen Versuchspersonen wurde in einem Falle mit Maskenatmung eine höhere Wattstufe geleistet. Die übrigen 19 Personen hatten mit und ohne Maskenatmung identische Maximalstufen erreicht.

Die folgenden Abbildungen 4, 5 und 6 zeigen das Verhältnis von "gemessenem" und "errechnetem" Sauerstoffpuls (Ordinate = gemessener O_2 -Puls, Abszisse = errechneter O_2 -Puls). Unter dem "gemessenen" O_2 -Puls wird derjenige Wert verstanden, der bei Maskenatmung durch Division der Pulsfrequenz durch die gemessene O_2 -Aufnahme ermittelt wurde.

Als "errechneter" O_2 -Puls wird derjenige Wert bezeichnet, der bei Arbeit ohne Maske durch Division der Pulsfrequenz durch einen nicht aktuell gemessenen Sauerstoffwert gewonnen wurde. Hierbei wurde wie folgt verfahren:

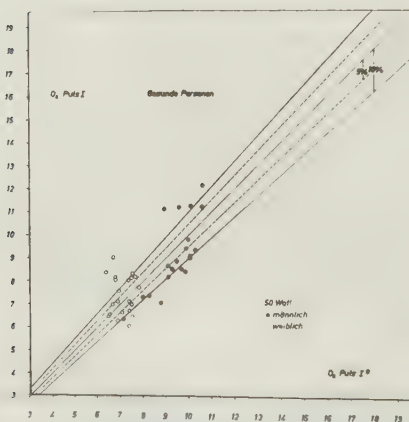


Abbildung 4

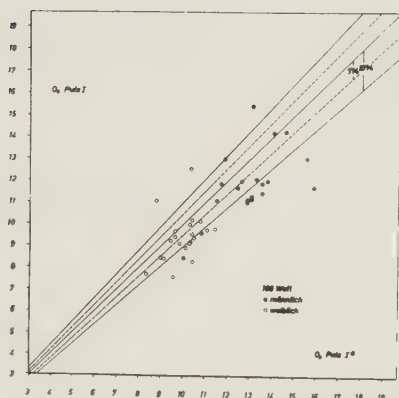


Abbildung 5

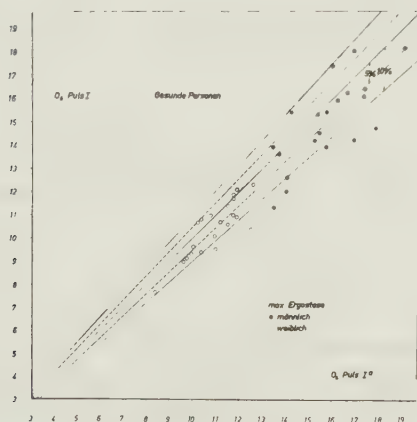


Abbildung 6

Abb. 4-6: Vergleich der "gemessenen" mit dem "errechneten" Sauerstoffpulsen auf gleichen Belastungsstufen (50 Watt, 100 Watt, maximale Ergostase), gewonnen bei zweimaliger Untersuchung des gleichen Probanden mit und ohne Atemmaske.

Die bei Arbeit ohne Maske in Ergostase auf der jeweiligen Wattstufe gemessene Pulsfrequenz wird durch den wattentsprechenden Mittelwert der O_2 -Aufnahme dividiert, der bei einem der Versuchsperson gleichgeschlechtlichen und altersgleichen Kollektiv gewonnen wurde.

Bei genauer Analyse der Mittelwerte lassen sich innerhalb der männlichen sowie der weiblichen Kollektive bestimmte Altersgruppen zusammenfassen, deren Mittelwerte jeweils nur relativ geringe Differenzen aufweisen. Das Ergebnis einer solchen Einteilung ist aus der Tabelle 1 zu ersehen.

Sie zeigt die Normwerte der Sauerstoffaufnahme und der Ergostasebedingungen für die jeweilige Belastungsstufe, es werden hierbei das Alter und das Geschlecht berücksichtigt. Diese Daten wurden in früheren Untersuchungen bei gesunden Personen gewonnen und setzen sich aus Mittelwerten von Kollektiven kleinerer Altersspannen zusammen. (KÖNIG u. Mitarb. (6, 9, 10)).

So umfaßten die Einzelkollektive bei Männern die Altersbereiche 10 - 11 Jahre, 12 - 13 Jahre, 14 - 15 Jahre, 16 - 17 Jahre, 18 - 19 Jahre, 20 - 29 Jahre, 30 - 49 Jahre, 50 - 59 Jahre sowie 60 - 75 Jahre.
Bei Frauen: 10 - 11 Jahre, 12 - 13 Jahre, 16 - 17 Jahre, 18 - 19 Jahre, 20 - 29 Jahre, 30 - 39 Jahre.

Nahe beieinandergelegene O_2 -Mittelwerte faßten wir zu größeren Gruppen zusammen, so daß wir bei Männern nur noch 3 Altersgruppen, bei Frauen nur noch 2 Altersgruppen berücksichtigten. Bei Männern wurden die Sportler als Sondergruppe aufgeführt, da diese hochtrainierten Männer durchschnittlich bei gleicher Belastung etwas niedrigere O_2 -Aufnahmen gegenüber gleichaltrigen Normalpersonen aufwiesen.

Die endgültigen Werte, wie sie in der Tabelle für bestimmte Altersbereiche angegeben sind, entsprechen dem errechneten Durchschnittswert benachbarter Alterskollektive mit annähernd gleichen Mittelwerten, wobei gegebenenfalls eine geringe zusätzliche Korrektur in der Weise vorgenommen wurde, daß alle Mittelwerte auf eine dem Belastungszuwachs linear-proportional ansteigende Gerade zu liegen kommen. Die hierbei erforderlichen Korrekturen betragen bis zu maximal 5 %.

Soll der maximale Sauerstoffpuls im Interesse einer Vereinfachung durch Division der im Belastungsversuch auf der maximalen Ergostase gemessenen Pulsfrequenz durch den der Wattstufe entsprechenden Sauerstoffmittelwert errechnet werden, so müßten je nach Alter und Geschlecht des Probanden die in Tabelle 1 angegebenen Mittelwerte Anwendung finden. Dieser Hinweis kann jedoch zunächst nur für G e s u n d e gelten. Im folgenden muß auf die Frage eingegangen werden, wie groß die Mittelwertsdifferenzen für die Sauerstoffaufnahme zwischen gesunden und kranken Personen sind.

In den Abbildungen 4, 5 und 6 ist das Verhältnis von gemessenem Sauerstoffpuls (Ordinate) zu dem aus Mittelwerten "errechneten" Sauerstoffpuls (Abszisse) aufgetragen. Die geringsten Streuungen um die Indifferente finden sich in der maximalen Belastungsstufe. Außerhalb des 10 %-Streubereiches liegen in der maximalen Belastungsstufe 44 %. 41 % der Fälle liegen in der maximalen Belastungsstufe im 5 %-Streubereich, dagegen nur noch 24 % bei 100 Watt und 19 % bei 50 Watt. Frauen wiesen insgesamt niedrigere Sauerstoffpulse auf als Männer.

B. Patienten

In den Abbildungen 7 - 14 sind die Untersuchungsergebnisse von 31 Patienten und Patientinnen dargestellt. Die Patienten wurden nach keinen besonderen Gesichtspunkten ausgesucht.

In Abbildung 7, 8, 9 und 10 ist das Verhalten der Pulsfrequenz mit und ohne Maskenatmung bei 50 Watt, 75 Watt sowie auf der maximalen Belastungsstufe dargestellt. Auch hier sind auf sämtlichen Belastungsstufen keine groben Abweichungen von der Indifferenten zu erkennen. Die größte Streuung ist auf den unteren Belastungsstufen zu finden. So liegen z.B. innerhalb des 5 %-Streubereichs bei 25 Watt 45 % der Fälle, bei 50 Watt 51 % der Fälle, bei 75 Watt 56 % der Fälle und bei der maximalen Belastungsstufe 83 % der Fälle. Außerhalb des 10 %-Streubereichs fallen bei 25 Watt 24 % der Fälle, bei 50 Watt 22 %, bei 75 Watt 21 % und auf der maximalen Belastungsstufe 9 %.

Von 31 Patienten erreichten 27 identische maximale Wattstufen, 3 Patienten leisteten ohne Maske eine Wattstufe mehr und 1 Patient leistete bei Maskenatmung eine höhere Wattstufe. Dieser eine Patient zeigt auf der maximalen Belastungsstufe eine auffallend starke Abweichung: er leistete mit Maskenatmung maximal 100 Watt bei einem Puls von 164/min., ohne Maske dagegen nur 75 Watt bei einer Pulsfrequenz von 132/min.

In den Abbildungen 11, 12, 13 und 14 ist das Verhältnis von gemessenem Sauerstoffpuls (Ordinate) zu dem aus O_2 -Mittelwerten "errechneten" Sauerstoffpuls (Abszisse) aufgetragen. Auch hier finden sich wiederum die geringsten Streuungen um die Indifferente in der maximalen Belastungsstufe. Außerhalb des

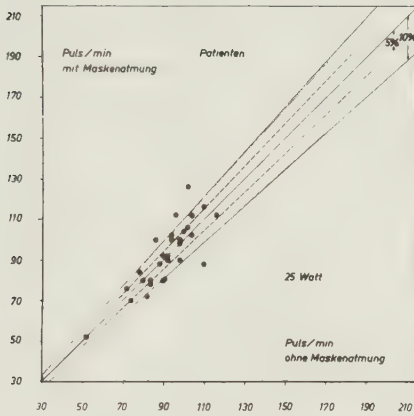


Abbildung 7

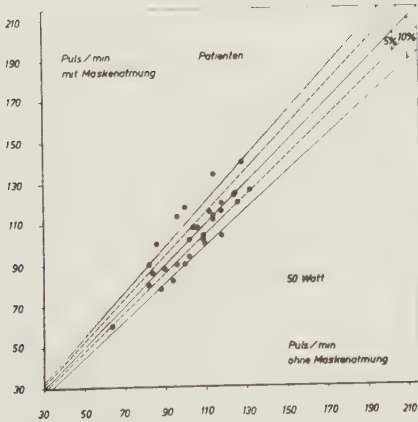


Abbildung 8

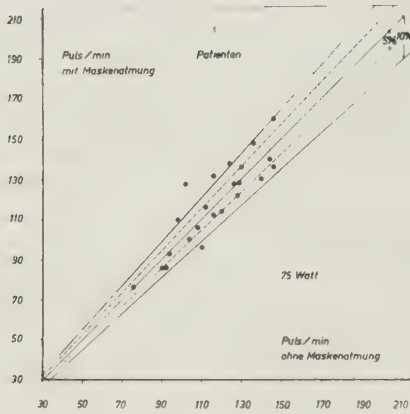


Abbildung 9

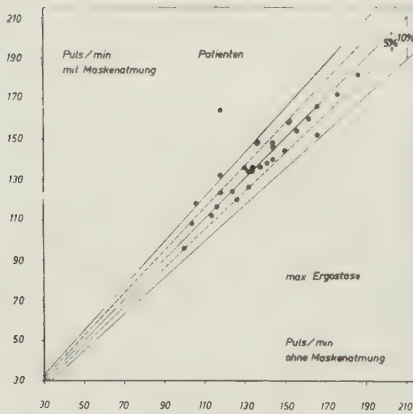


Abbildung 10

Abbildung 7 - 10:

Vergleich der Pulsfrequenzen auf gleichen Belastungsstufen (25 Watt, 50 Watt, 75 Watt, maximale Ergostase) bei zweimaliger Untersuchung des gleichen Patienten mit und ohne Maskenatmung.

10 %-Streubereichs liegen bei der maximalen Belastungsstufe 32 % der Fälle, bei 75 Watt 50 %, bei 50 Watt 52 % und bei 25 Watt 55 % der Fälle. 26 % der Fälle liegen in der maximalen Belastungsstufe im 5 %-Streubereich, bei 75 Watt 24 %, bei 50 Watt 22 % und bei 25 Watt nur noch 18 % der Fälle.

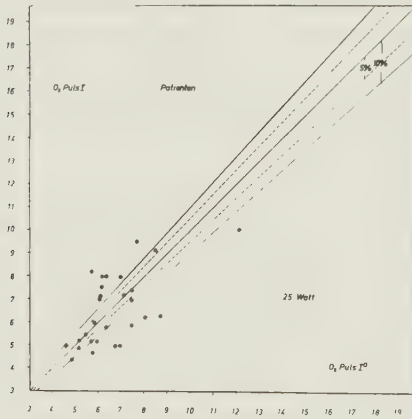


Abbildung 11

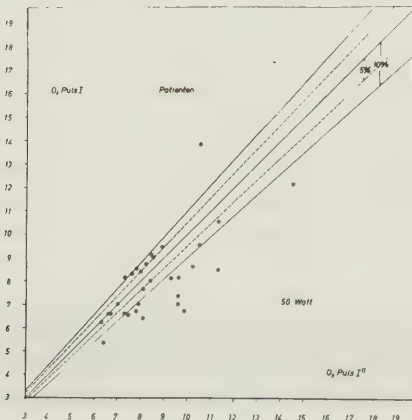


Abbildung 12

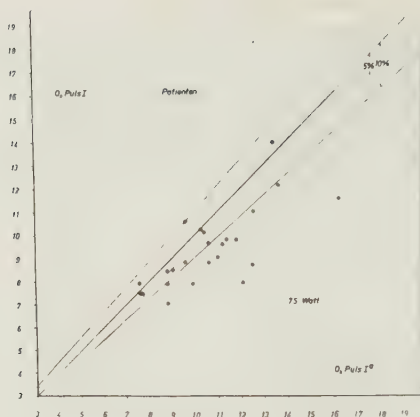


Abbildung 13

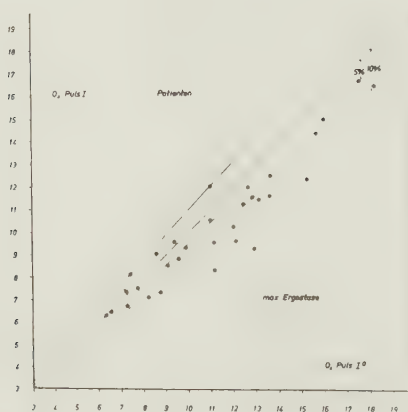


Abbildung 14

Abb. 11-14: Vergleich der "gemessenen" mit den "errechneten" Sauerstoffpulsen auf gleichen Belastungsstufen (25 Watt, 50 Watt, 75 Watt, maximale Ergostase) bei zweimaliger Untersuchung des gleichen Patienten mit und ohne Maskenatmung.

C. Herzinfarktpatienten, Mitralstenosen

In Ergänzung zu den vorher aufgeführten Versuchen untersuchten wir weiter die Frage, inwieweit O_2 -Normwerte in jedem einzelnen Fall statt der gemessenen Sauerstoffaufnahme eingesetzt werden dürfen, ohne den tatsächlichen Wert der Leistungsfähigkeit zu verfälschen. Wir überprüften den Quotienten aus Herzvolumen und maximalem O_2 -Puls, den sogenannten Herzvolumen-Leistungsquotienten (HVLQ) bei 96 Männern nach abgelau-fenem Herzinfarkt, 18 Männern und 35 Frauen mit prae-operativen Mitralstenosen.

Anhand der Herzinfarkt-Fälle versuchten wir weiter die Aussagefähigkeit über die Herzleistung mit einer Methode zu prüfen, die nur die Pulsfrequenz auf einer submaximalen Stufe in Beziehung zum Herzvolumen setzt und die Sauerstoffaufnahme unberücksichtigt läßt.

Der gestrichelte Bereich in Abbildung 15, 16 und 17 kennzeichnet den 2-Sigmabereich. Sämtliche Herzen mit pathologischher Vergrößerung sind als volle Punkte, normalgroße Herzen durch offene Kreise markiert. Wir fanden auf der höchsten Belastungsstufe und bei gleichzeitig g e m e s s e n e r O_2 -Aufnahme hinsichtlich des Herz-leistungsquotienten (HVLQ) die höchste Anzahl patholo-gischer Herzvolumenleistungsquotienten.

So lagen die Herzvolumenleistungsquotienten von 96 Infarktpatienten in maximaler Ergostase bei g e m e s s e n e m O_2 -Puls zu 82 %, bei e r r e c h n e t e m O_2 -Puls zu 71 % im Bereich des Pathologischen.

Die Mitralstenosen (Abb. 16) fanden sich bei männ-lichen Patienten in maximaler Ergostase sowohl bei g e m e s s e n e m wie bei e i n g e s e t z t e m Sauerstoffaufnahmewert sämtlicheim pathologischen Bereich.

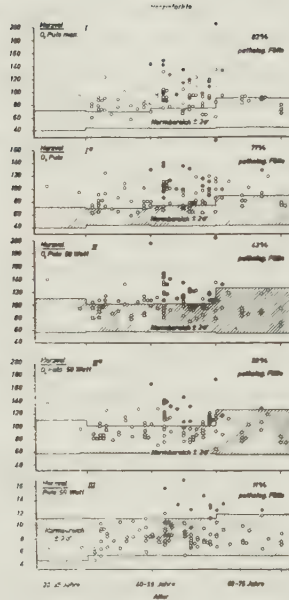


Abb. 15: Vergleich der "gemessenen" ($\bar{Q}_I, II$) mit den "errechneten" ($\bar{Q}_I^a, II^a$) Herzvolumen-Leistungsquotienten (Herzvolumen/Sauerstoffpuls) auf maximaler und submaximaler Belastungsstufe bei Patienten mit Zustand nach konsolidiertem Herzinfarkt. Hierzu weiter Vergleich des Quotienten aus Herz-volumen/Puls.

Volle Punkte kennzeichnen pathologisch vergrößerte Herzen.

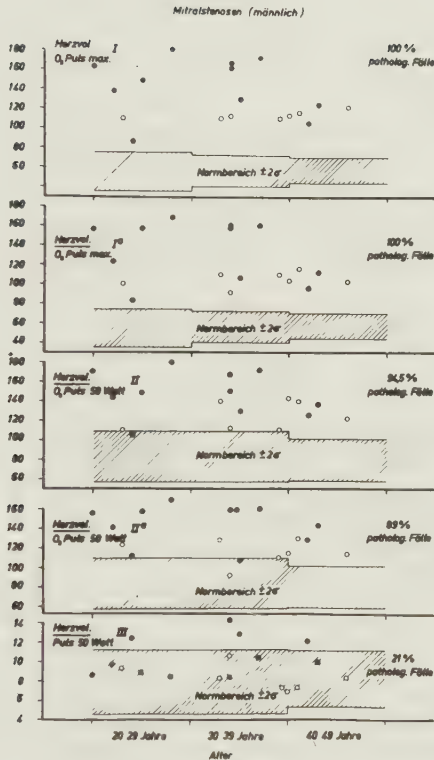


Abb. 16: Vergleich der "gemessenen" (I, II) mit den "errechneten" (I^a, II^a) Herzvolumen-Leistungsquotienten (Herzvolumen/Sauerstoffpuls), gewonnen an männlichen Patienten mit präoperativen Mitralkstenosen. Hierzu weiterer Vergleich des Quotienten gewonnen aus Herzvolumen/Puls (III).

Volle Punkte kennzeichnen pathologisch vergrößerte Herzen.

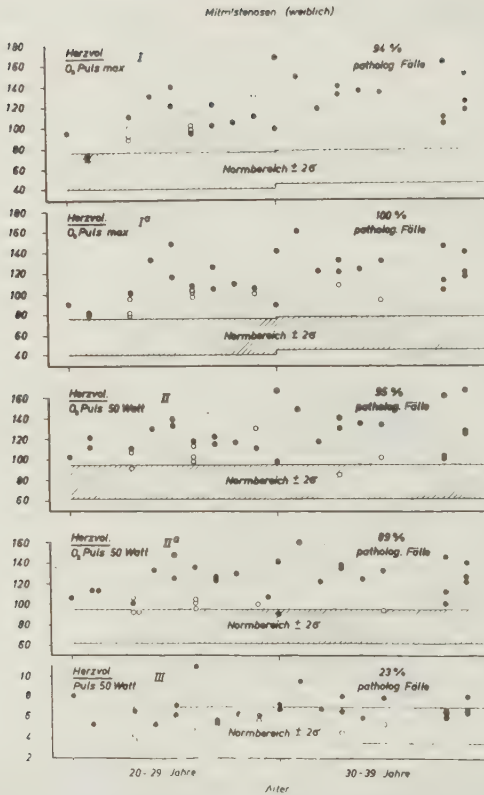


Abb. 17: Vergleich der "gemessenen" (I, II) mit den "errechneten" (I^a, II^a) Herzvolumen-Leistungsquotienten (Herzvolumen/Sauerstoffpuls) auf maximaler und submaximaler Belastungsstufe, gewonnen an weiblichen Patienten mit präoperativen Mitralstenosen. Hierzu weiterer Vergleich des Quotienten gewonnen aus Herzvolumen/Puls (III).
Volle Punkte kennzeichnen pathologisch vergrößerte Herzen.

Unter den Mitralstenosepatientinnen (Abb. 17) lagen die Herzvolumenleistungsquotienten in maximaler Ergostase bei gemessenem O_2 -Puls zu 94 %, bei eingesetztem O_2 -Puls alle im pathologischen Bereich.

Zur Frage, ob auch submaximale Belastungsstufen ähnliche Ergebnisse liefern, hinsichtlich eines normalen oder pathologischen Herzvolumenleistungsquotienten, wurde das gleiche Kollektiv der Herzinfarkte und Mitralstenosen auf einer niederen Wattstufe (50 Watt) untersucht. Als pathologisch waren dabei nur noch 43 % bei gemessenem und 39 % bei eingesetztem O_2 -Verbrauch der Infarktherzen zu erkennen.

Versucht man über den Funktionszustand des Herzens anhand der Beziehung zwischen Herzvolumen und Pulsfrequenz eine Aussage zu gewinnen, so werden beispielsweise von den 96 Infarktpatienten nach der REINDELL'schen Methode mit gemessener Sauerstoffaufnahme in der maximalen Ergostase 82 % als pathologisch bezeichnet. Demgegenüber werden nur noch 9 % als pathologisch erfaßt, wenn man allein Herzvolumen und Pulsfrequenz berücksichtigt.

Beim Vergleich der Mitralstenoseherzen von Patientinnen sind vorher 94 % der Herzen als pathologisch bezeichnet, berücksichtigt man nur Herzvolumen und Puls, so sind nur noch 23 % pathologisch. Eine noch größere Diskrepanz beim Vergleich beider Methoden zeigt sich bei der Betrachtung der Mitralstenosen männlicher Patienten hinsichtlich des als pathologisch gekennzeichneten Funktionszustandes des Herzens. Während mit gemessenem oder eingesetztem O_2 -Wert die Herzvolumenquotienten 100 % der Mitralstenosen männlicher Patienten auf diese Weise als pathologisch gekennzeichnet werden, erweisen sich bei der Berücksichtigung von Herzvolumen und Puls nur noch 16 % der Fälle als pathologisch.

Die Klärung der Frage, ob eine hinreichend sichere Beurteilung therapeutischer Maßnahmen mit Hilfe errechneter Sauerstoffpulse bzw. errechneter Herzvolumenleistungsquotienten möglich ist, wurde anhand der in einer früheren Veröffentlichung bereits mitgeteilten Ergebnisse (König u. Mitarb. (7)) über eine ambulante Behandlung von Infarktpatienten mit Digoxin überprüft. Hierbei wurden an Stelle der gemessenen maximalen Sauerstoffpulse die mit Hilfe von Sauerstoffmittelwerten errechneten maximalen Sauerstoffpulse durch das Herzvolumen dividiert.

Die Abb. 18 zeigt den Vergleich zwischen dem aus gemessenen und errechneten maximalen Sauerstoffpulsen ermittelten Herzvolumenleistungsquotienten bei 17 Infarktpatienten vor und nach Digoxin-Therapie. Die unterbrochenen Linien entsprechen den gemessenen, die durchgezogenen Linien den errechneten Quotienten. Die je Einzelfall zusammengehörigen Meßpunktpaare sind durch eine unterschiedliche Schraffur gekennzeichnet. Aus der Abb. 18 ist zu ersehen, daß in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die therapiebedingte Richtungsänderung der Herzvolumenleistungsquotienten bei errechnetem maximalen Sauerstoffpuls derjenigen Richtungsänderung bei gemessenem maximalen Sauerstoffpuls entspricht, wenngleich beide Quotienten eines jeden Falles noch deutliche Differenzen aufweisen.

In Abb. 19 sind die O_2 -Mittelwertsdifferenzen zwischen gesunden und herzkranken Personen verglichen. Die Sauerstoffaufnahme ist bei den Herzkranken unter den Bedingungen maximaler Ergostase an Kollektiven von Mitralstenose- und Herzinfarktpatienten gewonnen worden. Man erkennt, daß die Mittelwerte der O_2 -Aufnahme in maximaler Ergostase bei den einzelnen Patientengruppen im Mittel durchweg niedriger liegen, als die der gleichen Wattstufe entsprechenden O_2 -Mittelwerte jeweils alters- und geschlechtsgleicher gesunder Personen.

Herzinfarkte vor und nach Digoxinbehandlung

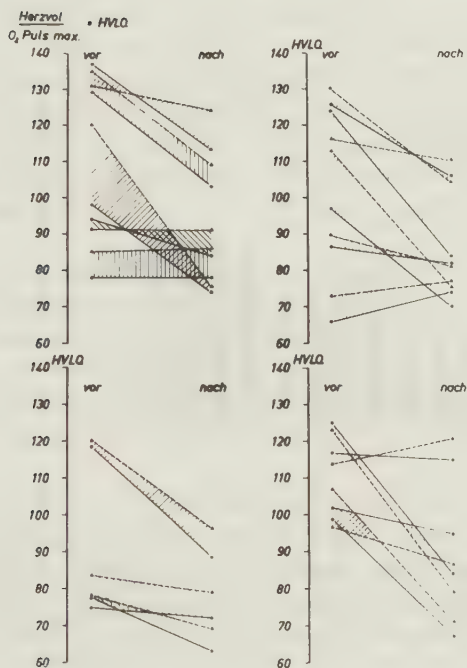


Abb. 18: Vergleich der "gemessenen" mit den "errechneten" Herzvolumen-Leistungs-Quotienten bei Patienten mit Zustand nach Herzinfarkt vor und nach Digoxinbehandlung.

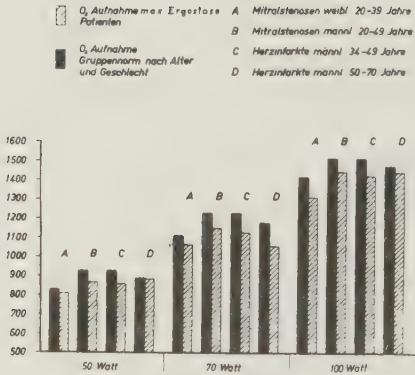


Abb. 19: Vergleich der mittleren Sauerstoffaufnahme gesunder Personen mit der mittleren Sauerstoffaufnahme herzkranker Personen auf jeweils gleichen Belastungsstufen.

V. DISKUSSION

Die von der REINDELL'schen Schule zur Beurteilung der cardio-circulatorischen Leistungsreserven entwickelte Methode gründet auf der korrelativen Betrachtung von röntgenologisch ermitteltem Herzvolumen und spiroergometrisch geleistetem maximalem O_2 -Puls. Als Nachteil muß gelten, daß die zur Ermittlung des maximalen O_2 -Pulses notwendige Messung der Sauerstoffaufnahme eine relativ komplizierte Apparatur erforderlich macht.

In der vorliegenden Arbeit soll geklärt werden, ob eine Vereinfachung des Verfahrens dadurch möglich wird, daß der maximale Sauerstoffpuls nicht mit Hilfe von jeweils aktuell gemessenen O_2 -Werten, sondern mit Hilfe von eingesetzten O_2 -Mittelwerten - wie sie bei gesunden Kollektiven gewonnen wurden - errechnet wird.

Im Hinblick auf die Zulässigkeit einer derartigen Vereinfachung der Methode war zunächst zu prüfen, ob die Differenzen der Durchschnittswerte für die O_2 -Aufnahme auf gleichen Wattstufen bei gesunden Personen beiderlei Geschlechts und unterschiedlichen Alters, sowie bei kranken Personen so gering sind, daß sie vernachlässigt werden können.

Nach Mitteilung von SCHMUTZLER u. Mitarb. (23) verhalten sich die Mittelwerte der O_2 -Aufnahme bei gleicher Belastung bei Gesunden und Kranken annähernd gleich. Zur gleichen Aussage gelangten HOLLMANN und Mitarb. (2) und MELLEROWICZ u. Mitarb. (13) sowie ROSKAMM (22) bei Vergleich von untrainierten und trainierten Personen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung hinsichtlich der durchschnittlichen Sauerstoffaufnahmewerte auf gleichen Belastungsstufen bei 10 - 75 jährigen Personen männlichen, sowie bei 10 - 40 jährigen Personen weiblichen Geschlechts

lassen ebenfalls erkennen, daß bei Erwachsenen aller Altersstufen und beiderlei Geschlechts keine signifikanten Mittelwertsunterschiede bestehen. Bei Knaben in den unteren Altersbereichen der 2. Lebensdekade waren jedoch im Vergleich zu Erwachsenen bei verschiedenen Belastungsstufen signifikante Differenzen nachweisbar (KÖNIG, REINDELL u. Mitarb. (6)). Ungeachtet einer fehlenden statistischen Signifikanz der Mittelwertsunterschiede bei Erwachsenen bzw. Mädchen der zweiten Lebensdekade war allerdings festzustellen, daß die Mittelwerte zum Teil doch Abweichungen zeigten, die nicht ohne weiteres vernachlässigt werden können; dies ergab sich vor allem bei Vergleich männlicher mit weiblichen Kollektiven. So betrug beispielsweise der Mittelwertsunterschied bei Männern und Frauen auf der 75 Wattstufe 200 ml O_2 , dies entspräche also einem Fehler bis zu 20 %.

Es ist leicht einzusehen, daß angesichts derartiger Differenzen der gleiche Sauerstoffmittelwert einer bestimmten Wattstufe nicht als repräsentativ für alle Gruppen gelten kann.

Wie weiter oben ausgeführt, wurden zur Ermittlung dieser Sauerstoffmittelwerte nahe beieinanderliegende Durchschnittswerte der Sauerstoffaufnahme benachbarter Altersgruppen der jeweiligen Belastungsstufe so zusammengefaßt, daß alle Mittelwerte auf eine dem Belastungszuwachs linear proportionalen ansteigenden Gerade zu liegen kamen (Tab. 1). Hierbei betrugen die erforderlichen Korrekturen maximal 5 %.

Im folgenden muß auf die Frage eingegangen werden, wie groß die Mittelwertsdifferenzen für die O_2 -Aufnahme zwischen gesunden und kranken Personen sind. Zu diesem Zweck wurden die in der maximalen Belastungsstufe bei Kollektiven von Mitralstenose- und Infarktpatienten gemessenen O_2 -Aufnahmewerte mit den watt-entsprechenden

O_2 -Werten von Gesunden verglichen (siehe Abb. 19). Es zeigt sich, daß die Mittelwerte in der maximalen Belastungsstufe unter Ergostasebedingungen bei den einzelnen Patientengruppen niedriger liegen als die Mittelwerte jeweils alters- und geschlechtsgleicher gesunder Personen. Dieser Befund war auf Grund folgender Überlegung zu erwarten/ Für einen Patienten, der bei 75 Watt ausbelastet ist, entspricht die auf dieser Stufe gemessene O_2 -Aufnahme einem Maximalwert. Für einen Gesunden handelt es sich jedoch bei der gleichen Wattstufe nur um einen submaximalen O_2 -Wert. Es ist bekannt, daß die mit zunehmender Belastung linear ansteigende O_2 -Aufnahmekurve vor allem bei Patienten mit leistungsschwachem Kreislauf im maximalen Leistungsbereich eine mehr oder weniger deutliche Abflachung erfährt (entsprechend der Zunahme der O_2 -Schuld). Demzufolge müssen sich Mittelwertsdifferenzen der oben beschriebenen Art ergeben, wenn die O_2 -Aufnahmen gleicher Wattstufen bei Patienten und Gesunden verglichen werden, und wenn die gleiche Wattstufe bei ersterer einer maximalen Leistung, bei letzterer dagegen einer submaximalen Leistung entspricht. Auf die Schlußfolgerungen, die aus dieser Tatsache abzuleiten sind, wird im weiteren Verlauf der Diskussion noch näher eingegangen werden.

Die Untersuchungen zur Frage, ob der Pulsfrequenzanstieg unter Belastung beim gleichen Probanden mit und ohne Maskenatmung unterschiedlich ist, führte bei Gesunden und Kranken zu folgenden Ergebnissen:

Bei gesunden männlichen und weiblichen Personen zeigt ein Vergleich der mit und ohne Maskenatmung gemessenen Pulsfrequenzen eine Abnahme der Streuung von der niedrigeren zur maximalen Wattstufe. In einer maximalen Wattstufe liegen die Abweichungen unter 10 %. Die maximal erreichte Wattstufe war bei 38 von insgesamt 41 Pro-

banden mit und ohne Maskenatmung identisch (93 %).

Bei einer Gruppe von 31 Patienten verschiedener Erkrankungen war die Streuung auf der maximalen Wattstufe ebenfalls geringer als auf niedrigen Belastungsstufen. Im Gegensatz zum gesunden Kollektiv fielen bei den Patienten in der maximalen Belastungsstufe fast 10 % außerhalb der 10 %-Streuung. Von insgesamt 31 Patienten war in 26 Fällen (84 %) die mit und ohne Maskenatmung maximal erreichten Wattstufen identisch. Die Mittelwertsdifferenzen auf der maximalen Belastungsstufe bei Ergostasebedingungen betrugen bei Gesunden nur 2,1 Pulsschläge/min, bei Patienten nur 3,3 Pulsschläge/min. (Tab. 2).

Die oben dargestellten Untersuchungsbefunde sind ein wesentliches Ergebnis im Hinblick auf einen eventuellen Verzicht der O_2 -Aufnahmemessung zu werten, da die von uns ermittelten Normwerte für die Beziehung zwischen dem Herzvolumen und dem gemessenen maximalen O_2 -Puls nur dann auch als Norm für die Beziehung zwischen dem Herzvolumen und dem aus O_2 -Mittelwerten errechneten maximalen O_2 -Puls gelten können, wenn die Differenzen der mit und ohne Maske gemessenen Belastungspulse relativ gering sind. Immerhin ist festzuhalten, daß die individuellen Abweichungen der maximalen Pulsfrequenzen mit und ohne Maske trotz fast identischer Mittelwerte bei Patienten etwas stärker sind als bei Gesunden.

Entscheidende Hinweise mußten jedoch anhand einer vergleichenden Betrachtung der gemessenen O_2 -Pulswerte mit den errechneten O_2 -Pulswerten gewonnen werden.

Unter gemessenen O_2 -Pulswerten sind die in einer ersten (oder zweiten) Untersuchung bei Maskenatmung ermit-

telten reellen O_2 -Pulse zu verstehen; als "errechnete" O_2 -Pulswerte werden diejenigen bezeichnet, die beim gleichen Probanden in einer anderen Untersuchung ohne Maskatmung durch Einsetzen von O_2 -Mittelwerten gewonnen wurden; das heißt, daß bei dieser Untersuchung nur die Pulsfrequenz gemessen wurde. Die Berechnung des maximalen O_2 -Pulses erfolgte mit Hilfe des dem Alter und dem Geschlecht des Probanden entsprechenden O_2 -Mittelwertes der maximal erreichten Wattstufe. Hierbei wurden die in Tab. 1 angegebenen Mittelwerte verwandt. Erwartungsgemäß war die Streuung des O_2 -Pulses bei Gesunden wie bei Patienten auf niedrigeren Wattstufen größer als auf höheren Wattstufen (vergl. Abb. 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14).

Bei gesunden Personen fielen auf der 50 Wattstufe 18 Fälle (44 %), auf der maximalen nur noch 7 Fälle (17 %) außerhalb der 10 %-Streuung.

Bei Patienten zeigte sich ein insgesamt etwas ungünstigeres Bild: Die Anzahl der außerhalb der 10 %-Streuungsbreite liegenden Fälle betrug bei 25 Watt 17 (55 %), in der maximalen Belastungsstufe 10 (32 %). Die Mittelwertsdifferenzen der gemessenen und "errechneten" maximalen O_2 -Pulse erwiesen sich bei gesunden Personen mit 0,7 (männlichen) und 0,6 (weibliche) als geringer im Vergleich zu Patienten mit einer Differenz von 1,0. Aus der Gegenüberstellung der gemessenen und der errechneten maximalen O_2 -Pulswerte ist zu erkennen, daß die Abweichungen bei Gesunden noch ein tolerables Ausmaß erreichen, daß sie bei Patienten jedoch erheblich stärker sind und somit einen höheren Grad an Fehlbeurteilung erwarten lassen.

Die Frage der Veränderung des Herzvolumenleistungsquotienten (Herzvolumen/ O_2 -Puls) bei gemessenem und "errechnetem" maximalen O_2 -Puls wurde an Patienten mit Mitralklappenstenose und Zustand nach konsolidiertem Herzinfarkt überprüft (Abb. 15, 16, 17).

Es ist aber zu bemerken, daß die einzelnen Mitralstenose- und Herzinfarktpatienten nicht, wie die vorangegangenen Kollektive (Gesunde, Patienten) zweimal (mit und ohne Maskenatmung) untersucht wurden. Es wurde lediglich die Pulsfrequenz in maximaler Ergostase zunächst durch die gemessene O_2 -Aufnahme dividiert und dann durch den alters- und geschlechtsentsprechenden O_2 -Mittelwert, der aus Tab. 1 entnommen wurde.

Die Abweichung des gemessenen und des "errechneten" maximalen O_2 -Pulses mußte bei diesem Vorgehen geringer ausfallen, da von den beiden die Größe des O_2 -Pulses bestimmenden Faktoren nur die O_2 -Aufnahme, nicht aber die Pulsfrequenz variiert ist. Im Gegensatz hierzu waren bei den zuerst beschriebenen Gruppen infolge der zweimaligen Untersuchung beide Faktoren unterschiedlich, nämlich die O_2 -Aufnahme (gemessener Wert und eingesetzter O_2 -Mittelwert) und die Pulsfrequenz (Messung mit und ohne Maskenatmung).

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse bei Mitralstenose- und Infarktpatienten beziehen sich nicht nur auf die Korrelation zwischen dem Herzvolumen und dem gemessenen bzw. dem errechneten maximalen O_2 -Puls (Herzvolumenleistungsquotient, HVLQ), sondern auch auf die Beziehung zwischen dem Herzvolumen und dem submaximalen gemessenen bzw. "errechneten" O_2 -Puls bei 50 Watt, darüberhinaus wurde die Beziehung zwischen dem Herzvolumen und der submaximalen Pulsfrequenz bei 50 Watt überprüft.

Der Überlegung, auch sub~~max~~imale Belastungsstufen in die Betrachtung mit einzubeziehen, lag die folgende Fragestellung zu Grunde. Wenn ein Proband nicht ausbelastet ist, d.h. wenn die höchsterreichte Wattstufe nicht als maximal angenommen werden kann, entsprechende Kriterien wurden an anderer Stelle mitgeteilt (KÖNIG u. Mitarb. (12)), so ist unter diesen Bedingungen die Berech-

nung des Herzvolumenleistungsquotienten unzulässig, da dieser Quotient als die Beziehung zwischen dem Herzvolumen und dem maximalen O_2 -Puls definiert ist.

Hieraus leitet sich das Problem ab, ob auch die Beziehung zwischen dem Herzvolumen und einem submaximalen O_2 -Puls bzw. einer submaximalen Pulsfrequenz als Grundlage einer Funktionsdiagnostik gelten kann. Diese Möglichkeit wäre theoretisch insofern gegeben, als in früheren Veröffentlichungen (KÖNIG u. Mitarb. (6); MUSSHOF u. Mitarb. (19); ROSKAMM u. Mitarb. (21)) unseres Arbeitskreises nachgewiesen wurde, daß positive Korrelationen nicht nur zwischen dem Herzvolumen und dem O_2 -Puls, sondern auch zwischen Herzvolumen und submaximalem O_2 -Puls bestehen. Außerdem fanden sich negative Korrelationen zwischen Herzvolumen und submaximaler Pulsfrequenz. Der Grad der Abhängigkeit zwischen Herzvolumen und maximalem O_2 -Puls war allerdings bei allen untersuchten Altersgruppen fast durchweg enger als auf submaximalen Stufen. Eine Einschränkung mußte für das höhere Alter insofern geltend gemacht werden, als jenseits des 60. Lebensjahres eine statistisch gesicherte Korrelation nur zwischen Herzvolumen und maximalem O_2 -Puls, nicht aber zwischen Herzvolumen und submaximalem O_2 -Puls, bzw. zwischen Herzvolumen und submaximaler Pulsfrequenz besteht (KÖNIG u. Mitarb. (10)).

Aus den Abb. 16 und 17 (Mitralstenosen) ist zu erkennen, daß die Quotienten aus Herzvolumen und maximalem gemessenen O_2 -Puls (HVLQ) bei den Patienten männlichen Geschlechts zu 100 % und denen weiblichen Geschlechts zu 94 % in den pathologischen Bereich fallen.

Für die Quotienten aus Herzvolumen und gemessenem O_2 -Puls bei 50 Watt ergab sich bei beiden Mitralstenosegruppen eine nur unwesentliche Verschiebung (94 % bzw. 95 % pathologische Fälle). Die Quotienten mit "errech-

neten" O₂-Pulswerten (50 Watt) lagen gegenüber den gemessenen O₂-Pulswerten etwas tiefer (89 % pathologische Fälle für beide Geschlechtsgruppen).

Für die Quotienten lediglich aus dem Herzvolumen und der Pulsfrequenz bei 50 Watt zeigten nur noch 21 % bzw. 23 % aller Fälle einen pathologischen Wert, d.h. die überwiegende Mehrzahl ließ nach dieser Methode eine normale Beziehung zwischen Herzvolumen und submaximaler Pulsfrequenz erkennen.

Ein deutlich andersartiges Bild wurde bei Infarktpatienten gefunden. Die Unterschiede zwischen den Quotienten mit gemessenem und "errechnetem" maximalem O₂-Puls waren wesentlich ausgeprägter (82 % gegenüber 71 % pathologischer Fälle).

Eine weitere beträchtliche Differenz ergab sich zwischen den Quotienten mit gemessenem maximalen O₂-Puls und gemessenem O₂-Puls bei 50 Watt. (82 % gegenüber nur 43 % pathologischer Fälle), während die Quotienten mit "errechnetem" O₂-Puls bei 50 Watt sich noch weiter dem Normbereich näherten (39 % pathologische Fälle). Für den Quotienten aus Herzvolumen und der Pulsfrequenz bei 50 Watt konnten nur noch 11 % pathologische Fälle ermittelt werden.

Aus diesen Ergebnissen lassen sich einige wesentliche Schlußfolgerungen ableiten.

Die Frage, ob im Falle nicht erfolgter Ausbelastung anhand der Korrelation zwischen dem Herzvolumen und einer submaximalen Belastungsstufe hinreichende Aussagen über den Funktionszustand des Herzkreislaufsystems gewonnen werden können, muß negativ beantwortet werden.

Dieser negativen Aussage scheinen zwar die Ergebnisse bei Mitralstenosen zu widersprechen, es ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Herzvolumenleistungsquotienten (HVLQ) bei Patienten mit Mitralstenose fast durchweg erheblich außerhalb des Normbereiches liegen. Dies ist vor allem Folge der bei Mitralstenosen in der Mehrzahl der Fälle stark übernormalgroßen Herzvolumina. (Man vergleiche die schwarzen Punkte in der graphischen Darstellung, die den Quotienten mit pathologisch vergrößertem Herzvolumen entsprechen).

Die Tatsache der stark erhöhten maximalen Quotienten bei erheblich vergrößerten Herzvolumina erklärt auch die hohe Anzahl der von der Norm abweichenden submaximalen Quotienten.

Analysiert man dagegen die Befunde bei Infarktpatienten, so sind gegenüber den Befunden bei Mitralstenose zwei wesentliche Unterschiede erkennbar. Einerseits ist die Anzahl der pathologischen Herzvolumenleistungsquotienten (HVLQ) auf der höchsten Belastungsstufe bei Infarktpatienten geringer (82 % gegenüber 100 % bei Mitralstenosen), andererseits finden sich bei Infarktpatienten weniger pathologisch vergrößerte Herzen. Hierin liegt die Ursache für die wesentlich geringere Anzahl pathologischer Herzleistungsquotienten bei Infarktpatienten auf der submaximalen 50 Watt-Stufe.

Der Aussagewert eines Tests ist grundsätzlich nur dann als befriedigend zu bezeichnen, wenn möglichst jede pathologische Veränderung miterfaßt wird. Der Vergleich der Verhältnisse bei Mitralstenosen und bei Infarktpatienten zeigt jedoch, daß mit Hilfe submaximaler Quotienten in erster Linie nur Fälle mit pathologisch vergrößerten Herzen außerhalb des Normbereiches fallen. Bei der großen Anzahl funktioneller oder organischer Herz-

Kreislaufferkrankungen, die ohne Herzvergrößerung einhergehen, muß somit bei Verwendung submaximaler Quotienten die Gefahr einer Fehlbeurteilung als sehr groß erachtet werden.

Sichere Hinweise über den Funktionszustand bei Patienten sind somit anhand submaximaler Korrelationen zumindest bei einmaliger Untersuchung nicht zu gewinnen. Mit Vorbehalt ist lediglich ein Vergleich submaximaler Beziehungen beim gleichen Patienten im Sinne einer Verlaufskontrolle möglich (siehe unten).

Vergleicht man das Ergebnis der Herzvolumenleistungsquotienten mit gemessenen und "errechneten" O_2 -Pulsen, so ist zunächst festzustellen, daß die Gesamtheit der nach letzterem Verfahren gewonnenen Quotienten bei Mitralstenosen- und Infarktpatienten, sowohl auf der maximalen als auch auf der 50 Watt-Stufe, niedriger liegen, als die nach ersteren Verfahren ermittelten Quotienten. Die Ursache hierfür ist, worauf schon hingewiesen wurde (vergl. S.) darin zu sehen, daß die eingesetzten, an gesunden Personen gewonnenen Mittelwerte für die O_2 -Aufnahme höher liegen als die Mehrzahl der aktuell bei Patienten gemessenen Sauerstoffwerte.

In engem Zusammenhang mit dieser Tatsache steht die zentrale Frage, die in dieser Arbeit einer Klärung zugeführt werden soll: Kann auf die Messung der O_2 -Aufnahme verzichtet werden, inden ein der geleisteten Wattstufe, dem Alter und dem Geschlecht des untersuchten Patienten entsprechender O_2 -Normmittelwert zur Berechnung des O_2 -Pulses verwendet wird?

Die Ergebnisse bei Mitralstenosen zeigen für den maximalen Quotienten (HVLQ) bei Vergleich der gemessenen mit den "errechneten" Werten so geringe Differenzen, daß

die Vereinfachung der Methode in der beschriebenen Weise durchaus zulässig erscheinen muß. Größere Unterschiede ergeben sich jedoch bei konsolidierten Infarkten, wie aus dem prozentualen Anteil der pathologischen Fälle hervorgeht (82 % gegenüber 71 %).

Aus den Befunden beider Gruppen ist abzuleiten, daß die Sicherheit, mit dem vereinfachten Verfahren zu einer gleichen Aussage wie mit dem messenden Verfahren zu gelangen, in einer gewissen Abhängigkeit vom Schweregrad und von der Art der Erkrankung steht. Pathologische Zustände, die ihrer Natur nach mit einer stärkeren Einschränkung der Leistungsreserve und / oder mit einer krankhaften Herzvergrößerung einhergehen, lassen mit größerer Wahrscheinlichkeit eine Identität der Ergebnisse erwarten. Für diese Fälle ist die Vereinfachung der Methode im geringeren Maße mit der Gefahr der Fehlbeurteilung verbunden. Größer muß die Möglichkeit einer Fehlbeurteilung in den Fällen sein, deren Leistungsfähigkeit nur wenig von der Norm abweicht und deren Herzgröße normal ist.

Zur Vervollständigung des Fragenkomplexes würde schließlich geprüft, ob mit Hilfe der vereinfachten Methode die Beurteilung therapeutischer Maßnahmen mit ausreichender Genauigkeit erzielt werden kann. Zu diesem Zweck wurden die in einer früheren Veröffentlichung (KÖNIG u. Mitarb. (8)) ausführlich dargestellten Ergebnisse über die ambulante Behandlung von Infarktpatienten mit Digoxin herangezogen.

In Abb. 18 ist zu ersehen, daß in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die therapiebedingte Richtungsänderung der Quotienten bei "errechnetem" maximalen O_2 -Puls derjenigen gemessenem maximalen O_2 -Puls entsprach, wenn gleich beide Quotienten des jeweilig gleichen Falles vor oder nach Behandlung in einigen Fällen doch deutliche Differenzen zeigten.

Die Schlußfolgerung, die aus den in dieser Arbeit gewonnenen Untersuchungsergebnissen gezogen werden kann, läßt sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

1. Bei der Berechnung des O_2 -Pulses mit Hilfe von O_2 -Mittelwerten müssen Alter und Geschlecht der untersuchten Personen berücksichtigt werden, da bei verschiedenen Geschlechtern auf den einzelnen Wattstufen bestehende Mittelwertsdifferenzen im Interesse einer möglichst großen Genauigkeit nicht vernachlässigt werden können.
2. Da die Pulsfrequenzen auf jeweils gleichen Belastungsstufen bzw. auf der maximal erreichten Wattstufe mit und ohne Maskenatmung beim gleichen Probanden an zwei aufeinanderfolgenden Tagen annähernd gleich sind, ist grundsätzlich die praktische Voraussetzung dafür gegeben, daß die von uns ermittelten Normwerte für die Beziehung zwischen dem Herzvolumen und dem gemessenen maximalen O_2 -Puls auch als Normgrundlage für die Beziehung zwischen dem Herzvolumen und dem aus O_2 -Mittelwerten errechneten maximalen O_2 -Puls gelten können.
3. Bei gesunden Personen erwiesen sich die Abweichungen zwischen gemessenen und errechneten maximalen O_2 -Pulswerten als relativ gering, nur 17 % aller Fälle lagen außerhalb der 10 %-Streuung, so daß auf die Messung der O_2 -Aufnahme zur Ermittlung des maximalen O_2 -Pulses verzichtet und statt dessen ein Sauerstoffmittelwert verwendet werden kann. Die Aussage ist für die sportmedizinische Leistungsdiagnostik von Bedeutung.
4. Bei Patienten verschiedener Krankheitsgruppen ergaben sich größere Abweichungen zwischen den gemessenen und errechneten maximalen O_2 -Puls-

Werten im Gegensatz zu den O_2 -Pulswerten im Kollektiv der Gesunden (32 % aller Fälle lagen außerhalb der 10 %-Streuung). Weitere Untersuchungen an Mitralstenosen- und Infarktpatienten führten zu dem Schluß, daß die mit Hilfe von "errechneten" maximalen O_2 -pulswerten ermittelten Herzvolumenleistungsquotienten vor allem dann größere Unterschiede gegenüber den mit Hilfe von gemessenen O_2 -Pulsen ermittelten Herzvolumenleistungsquotienten zeigen, wenn die Leistungsbreite eines Patienten nur gering eingeschränkt ist. Insgesamt ist bei Patienten die Möglichkeit einer Fehlbeurteilung so groß, daß auf die O_2 -Messung nicht verzichtet werden kann.

5. Bei Vergleichskontrollen am gleichen Probanden, etwa zur Beurteilung eines Therapieerfolges (Digitalisbehandlung, Krankenhausaufenthalte etc.) kann dagegen die Anwendung der vereinfachten Methode, d.h. die Berechnung des maximalen O_2 -Pulses aus O_2 -Mittelwerten auch beim Patienten empfohlen werden, da eindeutige Richtungsänderungen im Sinne einer Verbesserung oder Verschlechterung mit diesem Verfahren mit ausreichender Sicherheit erfaßbar sind.
6. Eine sichere Beurteilung anhand submaximaler Korrelationen zwischen Herzvolumen und O_2 -Puls oder zwischen Herzvolumen und Pulsfrequenz kann bei Patienten nicht erfolgen. Einzuräumen ist lediglich die Möglichkeit einer vergleichenden Betrachtung bei Vorliegen mehrerer Kontrolluntersuchungen beim gleichen Probanden.

Alter	männlich	Ruhe	25 W	50 W	75 W	100 W	125 W	150 W	200 W
10 - 15		280	560	840	1130	1410	1710	2000	-
16 - 49		330	630	930	1230	1520	1820	2100	2700
50 - 75		320	600	890	1180	1480	1770	2060	-
Spärtler		320		880		1450		2040	2580

weiblich

10 - 17	280	580	890	1200	1510	1860	
18 - 39	260	540	830	1110	1420	1730	2020

Tab. 1: Sauerstoffaufnahme

	männliche Gesunde		weibliche Gesunde		Patienten		
	50 W.	100 W.	max.	50 W.	100 W.	max.	max.
Puls/min (mit Maske)	101,2	123,7	166,5	114,0	141,4	175,6	
Puls/min (ohne Maske)	99,3	119,6	164,4	116,5	143,1	173,4	
			2,1			2,2	3,4
O ₂ gemessen Puls	9,0	11,9	14,9	7,6	9,4	10,2	
O ₂ Normwert Puls	9,4	13,0	15,6	7,1	9,9	10,8	
			0,7			0,6	1,0

Tabelle 2

- 9 KÖNIG,K., REINDELL,H.
K.MUSSHOFF, H.ROSKAMM
u. M.KESSLER Das Herzvolumen und die körperliche Leistungsfähigkeit bei 20-60-jährigen gesunden Männern. Arch.Kreisl.-Forschg., 32, 37 (1961)
- 10 KÖNIG,K., H.REINDELL
u. H.ROSKAMM Herzvolumen und Leistung bei 60-75-jährigen gesunden Männern. Arch.Kreisl.-Forschg., 39, 143 (1962)
- 11 - Die spiroergometrische Leistungsprüfung mit Hilfe absoluter Leistungsgrößen und mit Hilfe des Herzvolumen-Leistungsquotienten. Klin.Wschr., 40, 348 (1962)
- 12 - Zur Frage der Ausbelastung bei spiroergometrischen Leistungsprüfungen. Dtsch.med.Wschr., 87, 1304 (1962)
- 13 MELLEROWICZ, H. Der Sportarzt, 39 (1959)
- 14 MELLEROWICZ,H.,H.ROSKAMM,
Th.HETTINGER,W.HOLLMANN,
E.I.KLAUS,K.KÖNIG,H.MIES,
H.REINDELL u.E.STOBY Vorschläge zur Standardisierung der ergometrischen Leistungsmessung. Ztschr.f.Kreisl.-Forschg., 53, 856 (1964)
- 15 MUSSHOFF,K., H.REINDELL,
a. H.KLEPZIG Strokevolume, arterio-venous difference, cardiac output and physical working capacity and their relationship to heart volume. Acta card. (Brux.), 14, 427 (1959)
- 16 MUSSHOFF,K., H.REINDELL,
K.KÖNIG, H.ROSKAMM u.
J.KEUL Das Herzvolumen und die körperliche Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen zwischen 10 und 19 Jahren. Arch.Kreisl.-Forschg., 35, 12 (1961)
- 17 MUSSHOFF,K., H.STEIM
u. K.KÖNIG Die Sauerstoffaufnahme pro Herzschlag (O₂-Puls) als Funktion des Schlagvolumens, der arteriovenösen Differenz, des Minutenvolumens und des Herzvolumens. Zeitschr.Kreisl.-Forschg., 48, 255 (1959)
- 18 MUSSHOFF,K. u.H.REINDELL Zur Röntgenuntersuchung des Herzens in horizontaler und vertikaler Körperstellung. Dtsch.med.Wschr., 81, 1001 (1956)

- 19 REINDELL.H., H.KLEPZIG, K.MUSSHOFF,H.W.KIRCHHOFF, H.STEIM, F. MOSER und P.FRISCH
Neuere Untersuchungsergebnisse über Beziehungen zwischen Größe und Leistungsfähigkeit des menschlichen Herzens, insbesondere des Sportherzens.
Dtsch.med.Wschr. 82, 613 (1957)
- 20 ROHRER, R.
Volumenbestimmung von Körperhöhlen und Organen auf orthodiagraphischem Wege.
Fortschr.Röntgenstr. 24, 285 (1916/17)
- 21 ROSKAMM,H., H.REINDELL, K.MUSSHOFF u.K.KÖNIG
Die Beziehungen zwischen Herzgröße und Leistungsfähigkeit bei männlichen und weiblichen Sportlern im Vergleich zu männlichen und weiblichen Normalpersonen.
Arch.Kreisl.-Forschg. 35, 67 (1961)
- 22 ROSKAMM, H.
Über die Regulation von Atmung und Kreislauf bei maximaler Leistungsfähigkeit.
Inauguraldissertation, Freiburg 1959
- 23 SCHMUTZLER,H., H.MELLE-ROWICZ u.E.CARL
Über die Bedeutung des Sauerstoffpulses zur Beurteilung der Leistungsbreite bei Kranken mit angeborenen und erworbenen Herzfehlern.
Ztschr.f.Kreisl.-Forschg. 49, 445 (1960)

Lebenslauf

Am 25. Januar 1930 wurde ich als Sohn des Dr. med. Wilhelm Kinkelin und seiner Frau Lydia, geb. Büxel in Gönningen geboren. Die Grundschule besuchte ich in Neubabelsberg, Oberschulen in Potsdam-Babelsberg, Fischerkathen (Pommern), Brückenberg (Riesengebirge) und Reutlingen, wo ich 1951 an der Johannes-Kepler-Oberschule das Abitur bestand.

Ab Sommer 1944 bis zum Kriegsende war ich - mit Unterbrechungen - bei Schanzarbeiten im Osten eingesetzt, zuletzt bei sogenannten Kriegseinsätzen in Berlin und Potsdam.

In der Nachkriegszeit arbeitete ich zunächst ein Jahr als landwirtschaftlicher Lehrling auf einem Gut, um dann wieder die Oberschule zu besuchen. Nach dem Abitur arbeitete ich ein Jahr beim staatlichen Sprengkommando von Südwürttemberg-Hohenzollern als Sprenggehilfe.

Ich studierte Medizin an den Universitäten Tübingen, Kiel, Berlin, Wien, Heidelberg und legte im Frühjahr 1959 in Freiburg das Staatsexamen ab.

Als Medizinalassistent war ich an der Universität Freiburg (Innere, HNO, Frauen), sowie am Institut für Bioklimatologie und Meeresheilkunde der Universität Kiel in Westerland und in Oldenburg i.O. bei Prof. Junghanns (Chirurgie). Nach der MP.Zeit war ich zunächst als Gastarzt, später als Wissenschaftlicher Assistent (bis August 1965) an der Medizinischen Universitätsklinik Freiburg tätig, wo ich auch meine Doktorarbeit begann. Seit September 1965 bin ich an der Frauenklinik der Stadt Hagen i. Westf. angestellt. Ich werde zum Ende des Jahres die ausgedehnte Landpraxis meines nunmehr 70-jährigen Vaters übernehmen.

